

등고선 입력을 사용한 환경 소음 예측

박 지현¹ 김 정태²

홍익대학교, 컴퓨터공학과¹ / 기계공학과²

Prediction of Environmental Noise using Contour Map

Jihun Park¹ Jeungtae Kim²

Department of Computer Science¹ / Mechanical Engineering², Hongik University

요 약

본 논문은 등고선을 이용한 입력된 지표면에 대하여, 소음 영향을 계산하는 프로그램 개발에 관한 것이다. 기존의 등고선 입력 방법을 구현하여 삼차원 지표면 입력을 받으며, 이것이 주위 환경의 일부이다. 삼차원 지표면 입력에 대하여, 국부에 대한 소음 영향을 예측하기 위하여, 지표면을 표현하는 다각형을 작은 삼각형으로 분리되며, 각 작은 삼각형에는 수음자들이 존재한다. 소음 원은 도로, 철도 등 다양하며, 소리가 퍼져나가는 근원이며, 모두 점 음원으로 간주된다. 지표면을 분리된 삼각형에 대하여 기하학적인 방법을 사용하여 소음 전파 시뮬레이션이 이루어진다. 등고선 입력 방법은 저렴한 삼차원 지표면 입력 방법이며, 사용된 기하학적인 소음 전파 영향 계산법은 계산 시간을 줄이면서 효율적으로 소음 영향을 예측할 수 있게 해 준다.

1. 서론

소음공해는 일상생활에서 가장 쉽게 접하는 오염으로 사람들에게 심리적, 정신적, 신체적 피로를 가중시켜, 요사이 중요한 사회문제로 대두되고 있다. 이러한 소음공해를 측정하고, 저감시키려는 연구가 계속되고 있으며 이와 함께 공해를 예측할 수 있는 방법도 개발되고 있다.

사용된 방법은 소음 원에서 관측자가 위치한 지표면으로 소음파를 쏘아서 전파되는 가능성을 계산하는 법이며, 이 때 수음자는 주위 환경으로 표현되는 삼차원 지표면/건축물 표면이다. 이 삼차원 물체 표면은 일정한 크기의 삼각형으로 분할되어 각각의 면에 도달하는 소음파의 세기를 측정하게된다. 소음 전파를 계산하기 위하여 기하학적으로 소음파 도달을 계산한다. 이 경우, 직접전파, 1 번 반사후 전파 등을 고려한다. 이 방법은 실외의 경우에 효율적이며, 반사횟수가 제한적이므로 실내 시뮬레이션으로는 부적합하나, 계산 시간이 짧으면서 비교적 정확한 계산을 할 수 있는 장점이 있다. 이상의 방법들에 대하여 구현하였다.

본 논문의 연구 목표는 여러 개의 소음원들에서 발사된 소음이 한 개의 수음자에 미치는 효과를 계산하는 알고리즘의 개발에 목표를 두고 있다. 소음이 삼차원 공간에서 전파되는 과정은 소음의 특성과 함께, 공간에 펼쳐져 있는 지형과 지표면 반사특성 등에 의해 영향을 받는다. 특히, 소음을 광선 추적법(ray tracing)을 이용하여 전파 송신과 반향 특성을 고려하도록 알고리즘을 개발하기 위해서는 국내외의 다양한 지형 지물과 지표면의 특성에 대한 데이터 베이스화 및 이들의 물리적 현상에 대한 알고리즘화가 필요하다. 또한 본 연구의 특징은 주위 환

경으로 모델링 된 삼차원 물체 표면의 중심에서 1.5m(사람 귀의 위치) 떨어진 모든 위치에 대하여 수음 상태를 계산할 수 있다.

본 논문에서는 등고선으로부터 3차원 지형 정보를 복원하는 알고리즘을 제시한다. 문제의 요지는 등고선 사이에 존재하는 내부 점들의 높이를 이웃한 등고선 위치와 높이를 이용해 어떻게 보간 하는가에 있다. 이 알고리즘은 두 개의 이웃한 등고선을 한 쌍으로 하여 그들 사이에 존재하는 모든 내부의 점의 높이를 계산한다. 한 쌍의 등고선 사이에 있는 임의의 내부 점의 높이는 두 등고선의 높이와 그 내부 점에서 두 등고선까지의 최단거리를 변수로 하는 선형 보간 식으로 정의된다. 이렇게 만들어진 지형을 이용해 소음 전파 추적을 통한 소음이 환경에 미치는 영향을 계산하는 방법을 소개한다.

2. 관련연구

본 논문에서는 주파수 대역별로 소리 전파를 구별하고자 한다. 소음 진동 학에서의 소리 추적 및 계산법은 일반적으로 음원부터 시작하여 수음 자까지 추적하여 나가는 정 방향 추적법이다. 컴퓨터를 사용한 시뮬레이션은 실제 제품에서 찾을 수 있으므로, 이 들을 살펴보기로 한다.

덴마크 공과대학에서는 ODEON[1] 이라는 프로그램을 개발하여, 주로 닫혀진 실내 공간에 적용되고 있다. 그리고 상용 패키지 많이 활용되고 있는 것으로는 RAYNOISE[2]가 있으며, RAYNOISE는 raytracing의 기본 원리인 입사와 반사각을 계산하여 실내 전파 계산에 사용한다. 본 논문은 ODEON 및 RAYNOISE 와 유사하나 실외공간을 위한 소음계산 프로그램

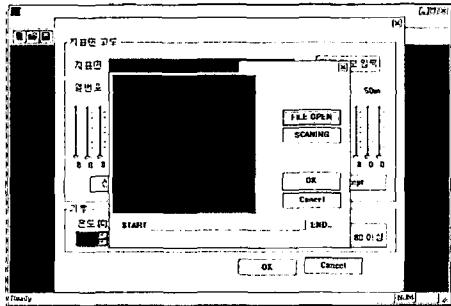
의 개발에 관한 것이다.

2차원 등고선으로부터 높이정보를 도출하는 방법에 있어, 등고선으로부터 3차원 지형정보를 복원하는 핵심은 두 등고선 사이의 픽셀의 높이를 어떻게 보간 하느냐에 달렸다. 이 문제를 위한 하나의 방법으로 영상처리 분야의 일반적인 연산인 형태 변환을 이용하여 이웃한 두 등고선 사이의 중간 선을 찾아가는 방법을 들 수 있다.[9] 두 이웃한 등고선 사이의 중간 선을 찾아 중간 높이 값을 부여한 후, 다시 두 개의 영역 각각에 대해 순환적으로 같은 작업을 수행한다. 이 과정을 이웃한 두 등고선 사이의 영역이 모두 채워질 때까지 반복한다. 이 방법은 연산도중 중간 자료구조가 필요 없다는 점과 사용하는 연산이 비교적 간단하여 구현이 용이하다는 장점을 지닌다. 하지만 등고선간의 최대 폭이 N이라 할 때, 과도한 영상주사가 필요하고 등고선 영상과 동일크기인 5개 이상의 보조 영상 배열이 필요하다라는 단점을 지닌다.

또 다른 방법으로는 등고선을 직선 선분으로 분할한 후 이웃한 직선 선분들로 삼각 분할하여, TIN 구조로 바꾼 후, 개개 삼각형을 스플라인 곡면으로 보간하는 방법이 있다. 그러나 이 방법은 등고선을 직선 선분으로 근사화할 때 어느 정도의 정보 유출이 있다는 문제점을 지닌다. 특히 근사화 과정에서 에러를 크게 하면 직선 선분 개수가 적어 적은 수의 삼각형으로 표현되므로 기억 용량이나 계산 시간 면에서 유리한 반면, 세세한 지형 정보의 손실이 커진다.[6]

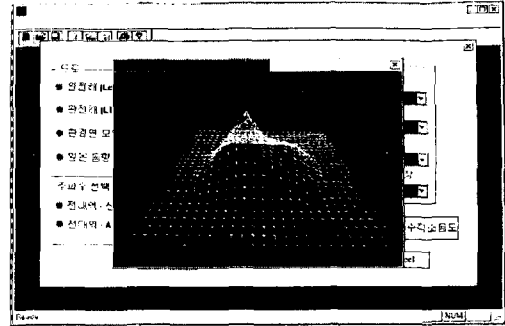
3. 소리 전파 계산 및 시뮬레이션

3.1 삼차원 지표면 생성을 위한 등고선 처리



<그림 1> 등고선 입력

일반적인 지도는 등고선 이외에 숫자, 문자 등이 포함되어 있다. 그래픽 응용 프로그램을 이용해 숫자, 문자 등을 제거하고 매끈한 등고선을 만든다. 이 때 등고선들은 폐 등고선을 이루고 있어야 한다. 또한 등고선 이외에 필요 없는 기호들이 많이 포함되어 있다. 문자, 숫자 등을 제거하고 저장할 때 비트맵 그림으로 저장한다. 그 이유는 픽셀단위로 높이정보를 나타내야 하기 때문이다.



<그림 2> 입력된 등고선의 삼차원 지표면으로 변환

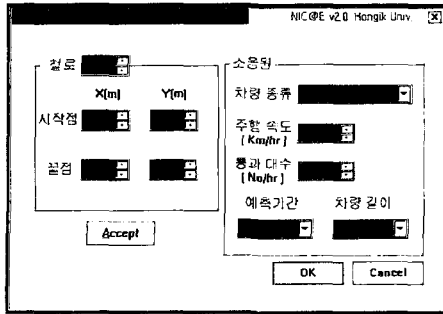
<그림 1>은 등고선을 입력으로받는, 개발된 사용자 인터페이스를 나타낸다. 입력은 두 가지 방법으로 이루어 질 수 있는데, 한 가지는 등고선 비트맵 파일을 입력으로 받는 방법이고, 다른 한가지는 직접 사용자 인터페이스에 그리는 것이다. <그림 2>에는 <그림 1>의 입력에 대한 삼차원 뷰어를 나타낸다.

3.2 소음 전파 계산 방법

소음 전파 계산 방법은 그 벡터들을 각각 추적해 나간 후에 그 결과를 모아서 visualization/시뮬레이션을 함으로써 전파된 상태를 알아낼 수 있다. 모든 소음 전파 계산에 있어서 직접적인 전파와 간접적인 전파로 인한 거리를 계산한다. 여기서 계산된 거리는 전파 식에 입력되어져서 상응하는 전파 세기를 계산하게 된다. 주위 환경의 표현은 삼차원 다각형 등을 사용하는데, 다각형에는 기하학 정보 외에 표면 특성에 대한 정보를 포함한다. 주위 환경을 나타내는 다각형이 수습자가 된다. 표면 특성의 정보는 반사를 정보를 포함한다. 이러한 ray들은 주위 환경으로 표현된 물체에 소음의 세기 정보를 제공할 수 있게되며, 각각의 ray로부터 세기 정보를 모아서 합하면 한 표면의 세기로 결정할 수 있다. 지표면을 나타내는 모든 삼각형의 표면의 중심을 계산하고, 중심에서 삼각형의 수직 벡터 방향으로 1.5m(사람의 귀 높이) 수직으로 상승시킨 위치를 수습자로 하여 소음을 청취한다. 즉 소음 원부터 수습자까지 모든 가능한 소음 전파 경로를 통하여 도달할 수 있는 가를 계산하는 방법이다. 이러한 계산이 종료된 후에 주위 환경을 나타내는 각각의 다각형들에 저장된 모든 충돌 정보를 합하면 각각의 다각형에서 받는 소음 세기가 계산된다.

계산시간 상의 어려움을 보완하기 위하여 기하학적인 계산 방법을 개발하였다. 이 방법에서는 소음 원과 수습자 사이에는 직접적인 전파와 1 회 혹은 2회의 제한적인 반사만 존재하는 것으로 가정한다. 즉 이 방법에서는 먼저 소음 원과 수습자 사이에 직접적인 경로가 있는지, 혹은 1회, 2회 등 제한적인 반사를 통한 경로가 있는지 전적으로 기하학적인 수식에 의존하여 계산한다. 이 방법은 방향과는 전혀 무관한 방법이다. 반사 횟수에 대한 제한이 고주파의 소음 특성에 따라 무리일 수 있으

나, 주파수가 아주 높지 않은 경우에는 큰 무리 없이 받아들일 수 있다고 가정할 것이다. 각각의 소음 원/수음자에서는 반사가



<그림 3> 소음원 입력

가능한 입의의 벽면을 기준으로 허상을 만든다. 두 개의 허상을 연결하면 각각의 벽면과 만나는 지점들이 반사지점이 된다. 이러한 방법에서 삼각형으로 이루어진 벽면의 개수가 m 이고, 한 개의 전파 원이며, 1번 반사일 경우 m^2 번, 2번 반사일 경우 m^3 번의 반사 확인이 필요하다. 물론 계산 횟수를 줄이는 방법도 개발 가능하다. 이 방법의 장점은 실외 환경을 고려한 1번 반사일 경우 효율적이다. 다만 여기서 고려하는 반사 회수는 1 번 혹은 2 번만 고려하므로, 여러 번 반사되는 경우인 실내 소음 전파 추적에 대해서는 적절한 계산법이 되지 못할 것이다.

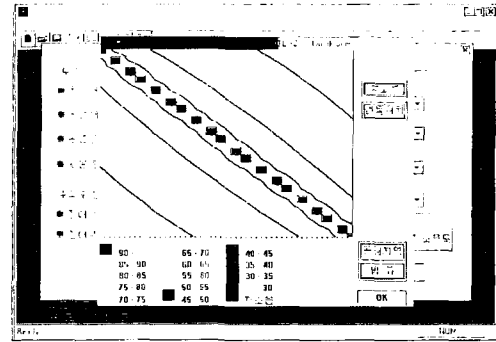
4. 시뮬레이션 결과 및 결론

본 논문에서는 기하학적인 제산을 통한 소음 영향을 계산해 보았다. 먼저 주위 환경을 모델링한다. 본 논문에서는 실외의 환경을 등고선 입력을 사용하여 지표면을 생성하였다. 또한 모델링 된 환경에 소음원들을 선정하였으며, 출력된 시뮬레이션 결과물 상에 붉은 색은 소음이 심한 곳으로, 푸른색은 소음이 없는 것으로 표현되었다. 기하학적으로 계산된 방법은 계산 시간도 빠르다. 물론 계산 환경에 따라 많은 차이가 있을 수 있음을 밝혀두며, 본 계산에서는 1 번 반사만 고려한 경우이다.

본 논문에서 제시한 추적 방법은 기하학적으로 계산하는 방법인데, 이 방법은 빠르게 소음 전파를 계산할 수 있으나, 허용되는 반사의 횟수가 제한적이므로 야외 등 전파 반사 회수가 낮은 지역에서 사용하는데 적합할 것이다.

이러한 방법의 문제점은 하나의 물체를 표현하는 방법에 따라 결과가 달라질 수 있다는 점이다. 즉 하나의 원통을 생각해 보자. 한쪽 끝에는 소음 원이 다른 한쪽 끝에는 수음자가 있다고 가정한다. 원통을 표현하는 방법은 아주 많다. 원통을 표현하는 데 있어서 중요한 것은 원통을 몇 개의 삼각형으로 나누느냐 하는 것이다. 개수가 많을수록 소음 원에서 수음자로의

경로는 많아지며, 경로가 많아지면 상대적으로 수음자에 도달하는 소음의 세기도 세어진다. 즉 이러한 삼각형을 사용한 지표면 모델링 및 전파 추적 법에 있어서 지표면을 나타내는 삼각형의 크기를 고려하여 소음 세기를 계산하는 방법이 강구되어야 할 것이다.



<그림 4> 계산된 소음 분포도

* 이 연구는 과학 재단의 목적기초 연구지원으로 이루어 졌습니다. (과제번호 2000-2-30400-011-1). This work was supported by grant No. 2000-2-30400-011-1 from the Basic Research Program of the Korea Science & Engineering Foundation.

5. 참고문헌

- [1] ODEON, <http://www.dat.dtu.dk/~odeon/OdSound1.htm>
- [2] RAYNOISE, <http://www.ingcciber.com/eng/products/default.htm>
- [3] 이강원, "지리정보체계 관리요령"
- [4] P. S . P . Wang : "A Fast Parallel Algorithm for Thinning Digital Patterns". CACM 29(3): 239-242 (1986)
- [5] 김상관, "거리변환과 VFH를 이용한 이동로봇의 장애물 회피", 홍익대3 학교 경영대학 경영학회, 1998
- [6] 이진선, 정성중 "등고선 시도로부터 3차원 시형의 복원을 위한 래스터 기반 알고리즘", 정보과학회 논문지 v. 22, n. 8 pp.1137-1146, 1995
- [7] W. Barrett, E. Mortense and D. Taylor "An image space algorithm for morphological contour interpolation", Proceedings of Graphics Interface '94, pp.16-24. 1994.
- [8] P.A Burroughs. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford University Press. 1986.
- [9] R. Hoppe, G. Wolfie, and F. M. Landstorfer "Fast 3-D Ray tracing for the Planning of Microcells by Intelligent preprocessing of the Data Base." Electrical & Computer Engineering, "Wireless Communication", Oct.9.2000.